

## Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)



ISSN 1808-9992

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Semiárido  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Documentos 240***

## **Ecofisiologia do Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**

*José Moacir Pinheiro Lima Filho*

Embrapa Semiárido  
Petrolina, PE  
2011

Esta publicação está disponibilizada no endereço:  
<http://www.cpsa.embrapa.br>

**Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Semiárido**

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3866-3600 Fax: (87) 3866-3815

sac@cpsa.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Secretário-Executivo: Anderson Ramos de Oliveira

Membros: Ana Valéria de Souza

Andrea Amaral Alves

Gislene Feitosa Brito Gama

José Maria Pinto

Juliana Martins Ribeiro

Magna Soelma Bezerra de Moura

Patrícia Coelho de Souza Leão

Sidinei Anunciação Silva

Vanderlise Giongo

Welson Lima Simões

Supervisor editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisor de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: José Moacir Pinheiro Lima Filho

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2011): Formato digital

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

**CIP - Brasil. Catalogação na publicação**

**Embrapa Semiárido**

---

Lima Filho, José Moacir Pinheiro.

Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) / José Moacir Pinheiro Lima Filho. --- Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

24 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 240).

1. Fisiologia. 2. Umbu. 3. Região semiárida. 4. *Spondias tuberosa*. I. Título.

---

CDD 634.44

© Embrapa 2011

# Autor

**José Moacir Pinheiro Lima Filho**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Ecofisiologia Vegetal,  
pesquisador aposentado da Embrapa Semiárido,  
Petrolina, PE.

zemoa5@hotmail.com

# Apresentação

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) é uma planta de grande ocorrência no Semiárido brasileiro, principalmente no Bioma Caatinga. Sobrevive em períodos secos prolongados, graças aos xilopódios que armazenam água e outros elementos necessários à sua nutrição.

O fruto do umbuzeiro, conhecido como imbu,ambu ou umbu, é muito apreciado e, por isso, constitui-se em uma opção de complemento de renda para produtores rurais. O umbu possui polpa agridoce e pode ser consumido in natura ou processado na forma de suco, sorvetes, geleias, vinagre entre outros.

Geralmente, o umbu é comercializado em feiras livres e em pequenas cooperativas. O extrativismo intensificou a pressão sobre a espécie, reduzindo, assim, a sua densidade na Caatinga. Diante do potencial comercial do fruto, estão sendo realizados estudos com o objetivo de se conhecer melhor a espécie a fim de se elaborar e implementar medidas para aumentar o número de plantas, não apenas por causa de seu potencial comercial mas, principalmente, para a preservação da espécie, já que a mesma corre risco de extinção.

Este trabalho constitui-se em uma importante publicação sobre o umbuzeiro por tratar, dentre outros, de aspectos como a distribuição geográfica, morfologia, fenologia e comportamento hídrico da espécie. Traz, portanto, informações importantes para o conhecimento da planta, principalmente quando objetiva o desenvolvimento de medidas que viabilizem sua preservação.

*Natoniel Franklin de Melo*  
Chefe-Geral da Embrapa Semiárido

# Sumário

Introdução .....	6
Distribuição Geográfica.....	7
Aspectos Morfológicos .....	7
Fenologia .....	9
Características do Dossel .....	10
Comportamento Hídrico do Umbuzeiro.....	12
Trocas Gasosas .....	19
Considerações Finais .....	21
Referências .....	22

# **Ecofisiologia do Umbuzeiro** **(*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**

---

*José Moacir Pinheiro Lima Filho*

## **Introdução**

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) é uma espécie do gênero *Spondias*, família Anacardiaceae, nativa do Semiárido brasileiro (PRADO; GIBBS, 1993), não existindo relatos da sua ocorrência em outras regiões do planeta. É uma espécie de grande importância para o Bioma Caatinga, pois além de sobreviver sob as condições hostis do clima semiárido, consegue produzir uma grande quantidade de frutos que, segundo Mors (1994), são ricos em carboidratos e vitamina C (ácido ascórbico), apresentando ainda, teores significativos das vitaminas A, B1 e sais minerais (ALMEIDA; VALSECHI, 1966; EPSTEIN, 1998). Além de desempenhar papel nutricional, a comercialização dos frutos do umbuzeiro é a principal fonte de renda para a maioria dos pequenos agricultores durante a época de safra.

Este trabalho tem o objetivo apresentar informações sobre o comportamento ecofisiológico do umbuzeiro dentro das condições climáticas da região semiárida do Nordeste brasileiro. Serão também abordadas algumas características morfológicas e aspectos da fenologia que contribuem para o desempenho desta espécie durante seu ciclo anual. Os resultados apresentados são provenientes de trabalhos realizados nas áreas do Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

## Distribuição Geográfica

A área de vegetação natural do umbuzeiro é limitada pela Mata Atlântica, pelo Cerrado e pela região pré-amazônica (SANTOS, 1997). É encontrado nas caatingas elevadas da Serra da Borborema, serras do Seridó noroiorandense, Agreste piauiense e Caatingas pernambucanas e baianas e no norte de Minas Gerais (MENDES, 1990), principalmente nas áreas com temperaturas entre 13 °C a 38 °C, umidade relativa entre 30% e 80%, pluviosidade anual de 400 mm a 800 mm e 2.000 a 3.000 horas de insolação (DUQUE, 1980). Esta região é conhecida como centro de alta diversidade e domesticação da espécie, classificada por Giacometti (1993) como Centro 6: Centro Nordeste/Caatinga, onde vários autores constataram a ocorrência de elevado número de umbuzeiros.

O umbuzeiro se desenvolve nos mais variados tipos de solos do Nordeste brasileiro, principalmente dentro da grande unidade de paisagem Depressão Sertaneja, onde há uma maior ocorrência dos solos Brunos não Cálcicos, Podzólicos Distróficos e Estróficos. Neste cenário, o umbuzeiro desenvolve o seu ciclo anual juntamente com o sisal (*Agave sisalana* Perr.) da imburana de cheiro (*Fonseca cearensis* Fr. All.) e de outras espécies do mesmo habitat (DUQUE, 1980), necessitando de um período de estresse hídrico para iniciar o seu ciclo reprodutivo anual (CAVALCANTI et al., 2000).

## Aspectos Morfológicos

O umbuzeiro é uma árvore com altura que varia de 4 m a 6 m e copa umbeliforme, podendo atingir um diâmetro em torno de 10 m a 15 m (CARVALHO, 1986). Apresenta sistema radicular especializado formado por raízes longas, espalhadas horizontalmente, próximas à superfície do solo, com túberas ou batatas (xilopódios) que se caracterizam como intumescências, providas de tecido lacunoso e celulósico. Estas estruturas podem atingir 20 cm de diâmetro e são, geralmente, encontradas entre 10 cm e 30 cm de profundidade. A principal função destas formações é o armazenamento de água, minerais e outros solutos importantes para a manutenção de um balanço hídrico favorável, sob condições de deficiência hídrica (LIMA FILHO; SILVA,



1988; LIMA FILHO, 2001). Segundo Cavalcanti et al. (2002), o sistema radicular de plantas adultas pode apresentar cerca de 367 túberas com um peso médio de 683,5 kg por planta.

O caule apresenta de 3-5 ramificações principais, que podem ocorrer desde a base ou até a 1 m de altura do solo (PIRES, 1990). Apresenta casca morta de espessura média entre 2 mm a 5 mm, áspera e rígida, de cor cinza claro a negro e uma casca viva, de espessura média entre 5 mm e 12 mm, avermelhada internamente e que, por incisão, apresenta exsudado transparente e resinoso (LIMA, 1982).

As folhas são pecioladas, alternas, imparipenadas, com folíolos oblongo-ovalados, com base obtusa ou cordada, ápice agudo ou obtuso, com cerca de 2-4 cm de comprimento, 2-3 cm de largura e margens serrilhadas ou inteiras lisas (GOMES, 1990; PIRES, 1990), podendo apresentar pilosidades (LIMA, 1994). Esta última característica facilita os mecanismos de dissipação de energia, mantendo a temperatura das folhas próxima à do ar (LARCHER, 2000 ).

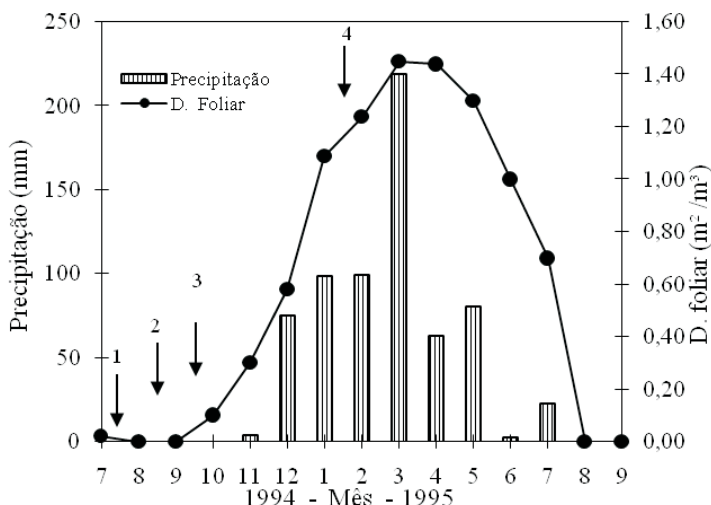
As flores, dispostas em panículas terminais de 10 cm a 15 cm são actinomorfas com 7 cm a 8 cm de diâmetro, cálice com 4 a 5 sépalas e uma corola com 4 a 5 pétalas valvadas. Os ramos da inflorescência e o pedicelo são finamente pilosos. (LIMA, 1989). A abertura das flores se dá durante a madrugada, entre 0h e 4h, ocorrendo o pico de abertura às 2h (PIRES; OLIVEIRA, 1986).

O fruto, com diâmetro entre 2 cm a 4 cm e pesando 10 g a 20 g, é uma drupa elipsoidal, glabra ou levemente pilosa, com a extremidade próxima, em relação ao pedúnculo, mais afunilado do que a distal (SILVA; SILVA, 1974). Normalmente, o fruto, quando maduro, é de coloração amarela-esverdeada, com pericarpo coriáceo e polpa succulenta. O endocarpo ou caroço, de tamanho variado de consistência denso-fibrosa, é muito resistente e contém a semente propriamente dita. Apresenta orifícios por onde penetra a água e saem o eixo embrionário e os cotilédones, por ocasião da germinação das sementes (MENDES, 1990).

## Fenologia

Uma das estratégias utilizadas pelo umbuzeiro para sua sobrevivência durante a estação seca é a abscisão de suas folhas para reduzir a superfície transpiratória e, conseqüentemente, a perda de água. Resultados apresentados por Lima Filho (2008) relativos ao ciclo produtivo 1994-1995 (Figura 1), indicam que as folhas do umbuzeiro entram em processo de senescência logo no início da estação seca, quando a planta fica totalmente desfolhada e em dormência vegetativa até a ocorrência das primeiras chuvas.

A abscisão total das folhas do umbuzeiro ocorre cerca de 1 a 2 meses após a última precipitação e o lançamento das primeiras flores pode ser observado ainda sob condições de seca. De acordo com Cavalcanti et al. (2000), o início do ciclo reprodutivo do umbuzeiro ocorre na ausência de precipitações e no período em que a temperatura do ar e a umidade relativa alcançam os valores mais críticos. É possível que a data de início da floração do umbuzeiro esteja associada à duração e intensidade do déficit hídrico sofrido anteriormente durante a época seca, como ocorre com outras espécies do Bioma Caatinga apresentadas em Barbosa et al. (2003).



**Figura 1.** Relação entre a precipitação, densidade foliar e as fases fenológicas do umbuzeiro (1- queda de folhas; 2- floração; 3- frutificação; 4- maturação), observada durante o ciclo produtivo 1994-1995, em Petrolina, PE.

Fonte: Lima Filho (2008).

Logo após a formação das inflorescências aparecem as primeiras folhas localizadas à base do pedicelo. Estas folhas, ao atingirem a maturidade fisiológica irão, provavelmente, prover os fotossintatos necessários ao crescimento e desenvolvimento inicial dos novos frutos. O crescimento vegetativo do umbuzeiro é exponencialmente incrementado logo após as primeiras chuvas alcançando, no ciclo 1994-1995, um valor máximo de densidade foliar em torno de  $1,45 \text{ m}^2/\text{m}^3$  no período de ocorrência da maior precipitação (Figura 1). Este valor poderá, também, variar anualmente, de acordo com a intensidade e distribuição da precipitação.

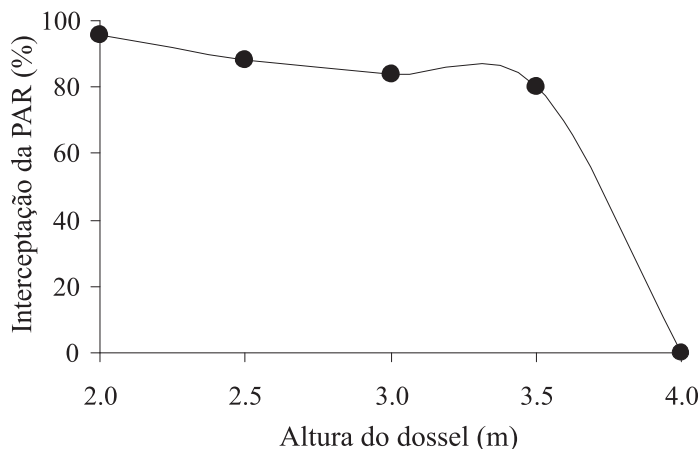
Nas observações de Lima Filho (2008), a floração do umbuzeiro teve início cerca de 36 dias após a queda das folhas do ciclo anterior e antes das primeiras precipitações. A frutificação plena ocorreu a aproximadamente 25 dias após o início da floração e a maturação dos frutos, em torno de 120 dias (Figura 1). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Cavalcanti et al. (2005), nas safras de 1999 e 2002, na região de Petrolina, PE. Entretanto, as datas de início e duração das fases fenológicas do umbuzeiro poderão variar de ano a ano, de acordo com as ocorrências dos eventos climáticos observados em cada região. Por exemplo, no Sertão de Pernambuco, o período de floração ocorre entre os meses de outubro e dezembro, enquanto na região do Agreste, este período é entre janeiro e março, com a frutificação entre março e junho (PIRES, 1990).

Segundo Guerra (1981), o período de frutificação do umbuzeiro é de aproximadamente 2 meses e meio. Mais informações sobre períodos de brotação, floração e frutificação do umbuzeiro em regiões distintas são encontradas em Duque (1980), Mendes (1990), Pires (1990) e Cavalcanti et al. (2000).

## Características do Dossel

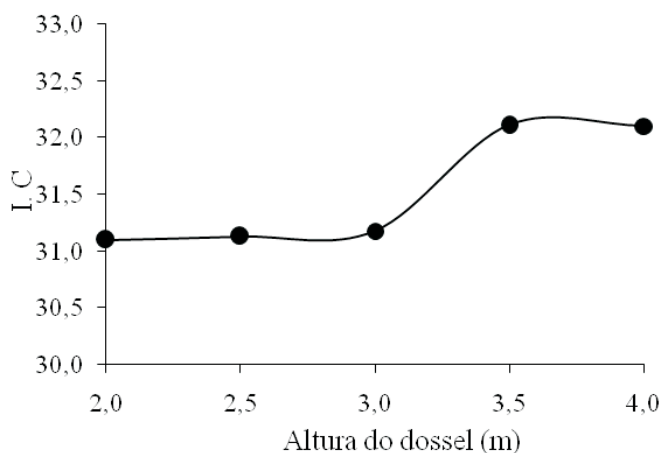
De maneira geral, a estrutura do dossel do umbuzeiro adulto é de formato hemisférico, onde a radiação solar é bastante atenuada. Infelizmente, publicações envolvendo o umbuzeiro, nesta linha de pesquisa, são praticamente inexistentes. Porém, observações recentes realizadas com plantas adultas apresentando uma densidade foliar em torno de  $2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , obtida com auxílio de um analisador de dossel LI-2000 (LICOR) descrito por Welles e Norman (1991), indicam que, ao penetrar no dossel, cerca de 80% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é atenuada na primeira camada de 1 m da parte superior de copa. Segundo

Lima Filho (2008), apenas 4,4 % da PAR alcança as folhas localizadas na camada mais inferior (Figura 2). As folhas localizadas na camada superior do dossel apresentam maiores índices de clorofila -- índices obtidos com um clorofilômetro portátil -- atingindo valores em torno de 32,1 com tendência a decrescer com a altura das observações (Figura 3).



**Figura 2.** Porcentagem da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), interceptada pelo umbuzeiro, em função da altura das observações no dossel.

Fonte: Lima Filho (2008).



**Figura 3.** Variação no índice de clorofila observada em falhas de umbuzeiro em função da localização no dossel.

Fonte: Lima Filho (2008).

Com uma densidade foliar observada em torno de  $1,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , esta camada é provavelmente a mais importante no que diz respeito às trocas gasosas do umbuzeiro. Resultados obtidos por Lima Filho (2008), sobre trocas gasosas realizadas nas camadas de folhas expostas à radiação solar ( $\text{PAR} = 1750 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), com auxílio de um IRGA (LONG et al., 1996), indicaram valores de condutância estomática, transpiração e fotossíntese em torno de  $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ,  $6,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $8,79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Já nas camadas mais inferiores ( $\text{PAR} = 30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), tanto a condutância como a transpiração apresentaram valores significativamente mais baixos, em torno de  $0,05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $2,2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente.

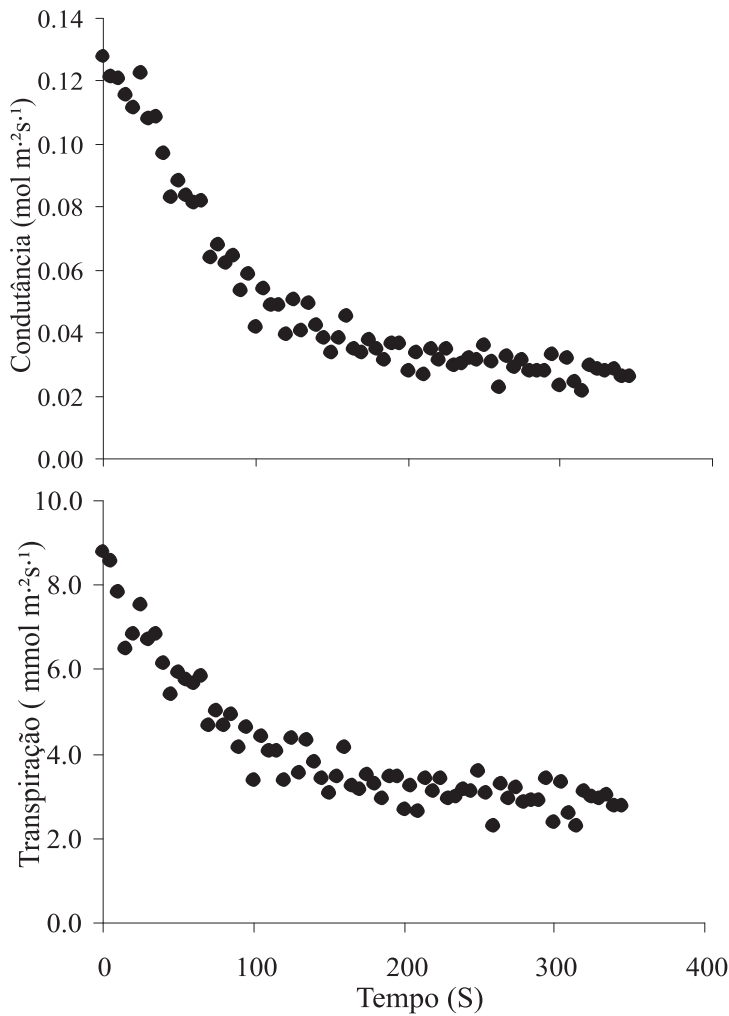
A fotossíntese apresentou taxa negativa da ordem de  $2,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , sugerindo que as folhas da camada mais baixa do dossel do umbuzeiro, sob condições de baixa iluminação, apresentam-se como drenos de fotossintatos. Entretanto, alguma radiação poderá, eventualmente, penetrar no dossel, beneficiando algumas folhas que por estarem menos expostas a altas temperaturas e ventos secos, poderão realizar alguma fotossíntese e manter suas demandas energéticas básicas.

## Comportamento hídrico do umbuzeiro

O comportamento hídrico do umbuzeiro foi inicialmente estudado por Ferri e Laboriau (1952) e Ferri (1953,) tomando-se com base o comportamento estomático. Estes autores observaram que a transpiração, obtida pelo método de pesagem, atingiu o ponto máximo diário às 9h, antecipando em 7 horas o momento de evapotranspiração máxima. Em outro estudo, a taxa de transpiração máxima foi registrada às 7h, entretanto, os valores foram tão baixos que foram considerados como transpiração cuticular (FERRI, 1953). Ferri (1978) salienta que os estômatos do umbuzeiro são pequenos, não possuem qualquer mecanismo de proteção e fecham-se rapidamente ao primeiro sinal de deficiência hídrica.

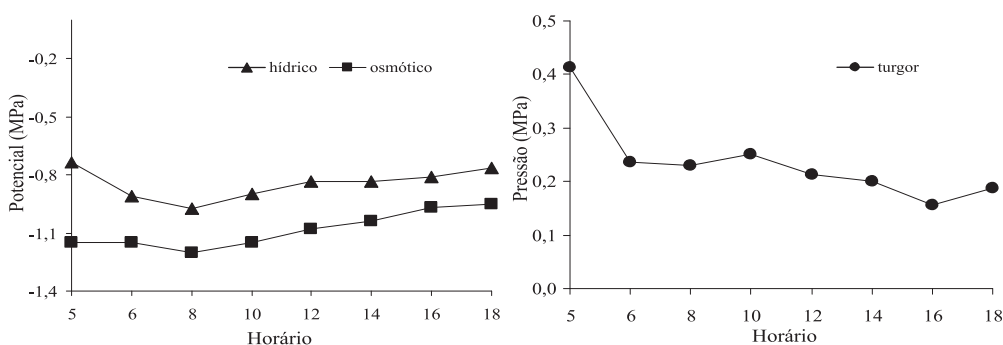
A velocidade de fechamento dos estômatos do umbuzeiro pode ser monitorada inserindo-se folhas em uma câmara de assimilação de  $\frac{1}{4}$  L (IRGA LI-6200), destacando-as dos ramos logo após equilíbrio (Figura 4). Este procedimento visa interromper o fluxo de água para as folhas, provocando, assim, o fechamento dos estômatos. Com este

procedimento, observa-se uma rápida queda na condutância estomática, caindo de  $0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para cerca de  $0,02 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em aproximadamente 5 minutos, expressando de alguma forma a velocidade de fechamento dos estômatos (Figura 4). Neste mesmo período, a transpiração do umbuzeiro cai de  $8,8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para aproximadamente  $2,3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , representando cerca de 80% do valor inicial obtido imediatamente antes do destaque das folhas (Figura 4). Os valores abaixo deste ponto podem ser considerados como condutância cuticular já que as folhas do umbuzeiro possuem cutícula bastante delgada, possibilitando após o fechamento dos estômatos, alguma transpiração (FERRI, 1978). De acordo com Grisi (1976), espécies da Caatinga como a baraúna (*Schinopsis brasiliensis*) e a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) apresentaram, no final do período das chuvas e nos momentos mais críticos do dia, redução na transpiração da ordem de 24,3% e 33%, respectivamente, 5 minutos após destaque da folha. Segundo Lima Filho e Silva (1988), o umbuzeiro exerce rígido controle sobre a transpiração através dos estômatos, mesmo sob condições de boa disponibilidade hídrica, assegurando uma significativa economia de água.



**Figura 4.** Redução na condutância estomática e transpiração das folhas do umbuzeiro em função do tempo, após excisão.

Lima Filho (2001) estudou as relações hídricas do umbuzeiro através do monitoramento do potencial hídrico e seus componentes (TURNER, 1981) para compreender os mecanismos pelos quais esta espécie mantém seu balanço hídrico interno durante as estações seca e chuvosa. Este autor salienta que, sob condições de seca, os valores mais baixos de potencial hídrico e potencial osmótico foram observados em torno das 8h, atingindo, respectivamente,  $-0,97$  MPa e  $-1,17$  MPa, resultando em uma pressão de turgor de  $0,2$  MPa. A pressão mais baixa ocorreu às 16h, atingindo  $0,16$  MPa (Figura 5).



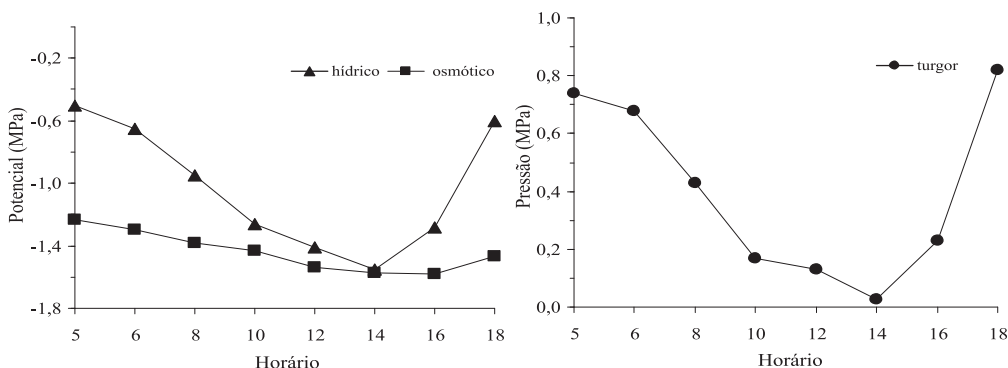
**Figura 5.** Valores de potencial hídrico e osmótico, e pressão de turgor das folhas do umbuzeiro observados durante a estação seca.

Fonte: Lima Filho (2001).

Sugere-se que, sob condições de deficiência hídrica, o umbuzeiro mantém um balanço hídrico relativamente estável durante o dia, por apresentar baixa densidade foliar e por exercer rígido controle estomático. A interação destes fatores provoca uma redução drástica da transpiração da água armazenada nas túberas (LIMA FILHO, 2001).

Durante a estação chuvosa, observou-se, no período diurno, um maior desequilíbrio no balanço hídrico interno do umbuzeiro, em comparação à estação seca (Figura 6).





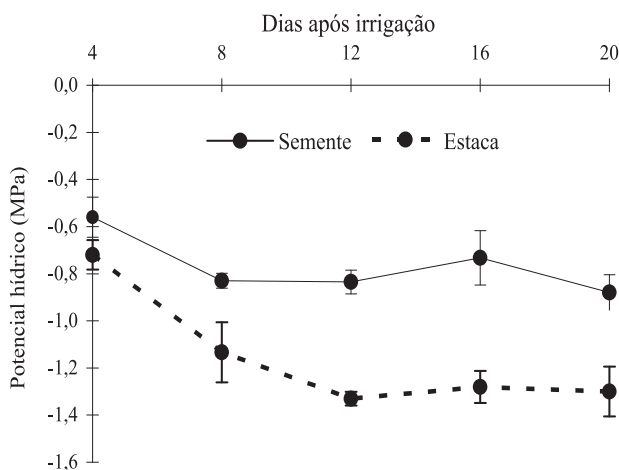
**Figura 6.** Valores de potencial hídrico e osmótico, e pressão de turgor das folhas do umbuzeiro observados durante o período chuvoso.

Fonte: Lima Filho (2001).

Os valores mais baixos de potencial hídrico foram obtidos às 14h, quando foram detectados  $-1,55$  MPa. Neste momento, o potencial osmótico atingiu  $-1,57$  MPa, culminando com uma pressão de turgor de  $0,02$  MPa. Este baixo valor pode ser resultado do incremento da densidade foliar e, conseqüentemente, da superfície transpiratória, provocando efeitos negativos sobre o balanço hídrico interno. Isso sugere que o fluxo de água através da planta pode não ter sido suficiente para manter um balanço hídrico satisfatório no momento de maior demanda evapotranspiratória, por causa das resistências impostas ao fluxo da água no interior da planta descritas por Taiz e Zeiger (1991).

Ainda de acordo com Lima Filho (2001), o umbuzeiro apresenta uma queda progressiva no potencial osmótico, mesmo após a recuperação do potencial hídrico da planta ao final do dia, resultando em valores de pressão de turgor semelhante aos observados no início do dia sugerindo a ocorrência de um ajustamento osmótico das folhas. Assim, durante a época chuvosa, a recuperação do balanço hídrico interno do umbuzeiro ocorreu às 18h.

O papel das túberas sobre o balanço hídrico do umbuzeiro foi evidenciado por Lima Filho (2007), após estudar o comportamento hídrico de plantas jovens propagadas por sementes e por estaca, e submetidas a estresse hídrico durante 20 dias (Figura 7). Segundo este autor, as plantas propagadas por sementes atingiram -0,56 MPa e -0,88 MPa, respectivamente, no quarto e 20º dia, indicando uma queda de 0,16 MPa no período.

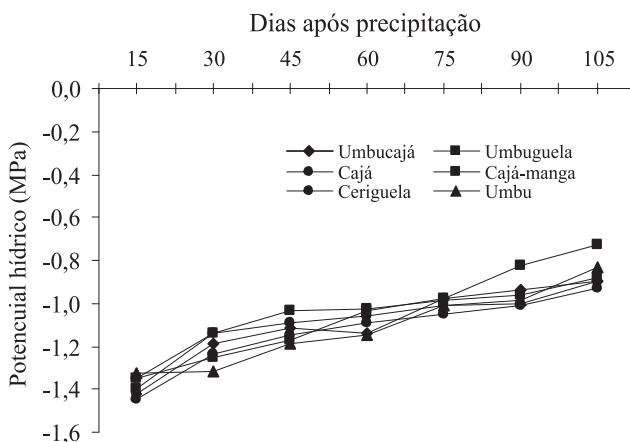


**Figura 7.** Potencial hídrico de mudas de umbuzeiros propagadas por sementes e estaca.

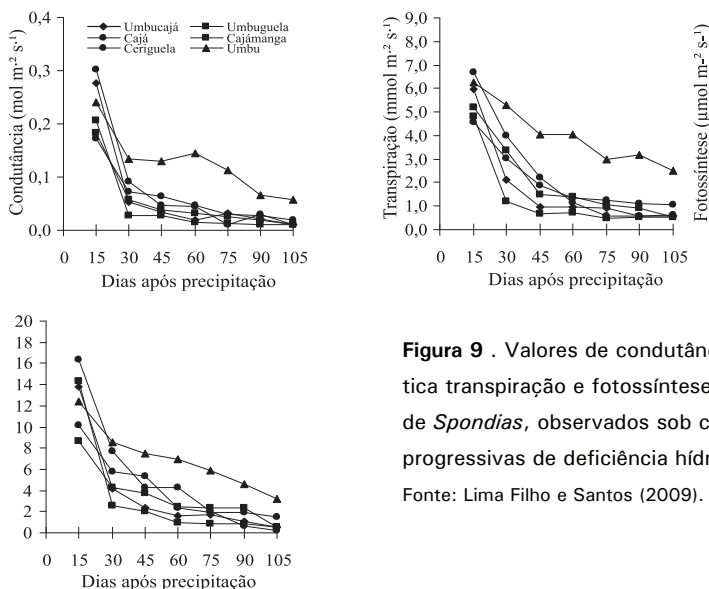
Fonte: Lima Filho (2007)

Com relação às mudas propagadas por estaca, os valores de potencial hídrico decresceram de -0,72 MPa para -1,3 MPa resultando em uma diferença de 0,58 MPa. Ainda segundo Lima Filho (2007), as plantas propagadas por sementes desenvolveram um sistema radicular mais eficiente para manutenção de um balanço hídrico interno favorável sob condições decrescentes de disponibilidade de água no solo. Porém, as plantas propagadas por estaca foram incapazes de manter um balanço hídrico adequado por causa da ausência de túberas no sistema radicular. De acordo com Nascimento et al. (1993), plantas propagadas por estaca dificilmente formam túberas no sistema radicular. Estes autores verificaram, 24 meses após o transplante para o campo, que mudas de umbuzeiro propagadas por sementes apresentaram um índice de sobrevivência na ordem de 100%, enquanto aquelas propagadas por estaca atingiram apenas 6%.

Espécies do gênero *Spondias*, como umbu-cajá (*Spondias* sp.), umbuguela (*Spondias* sp.), cajá (*S. lutea* L.), cajá-manga (*S. cytherea* Sonn.) e ceriguela (*S. purpurea* L.), enxertadas em umbuzeiro (*S. tuberosa* Cam. Arr.), apresentaram, durante a progressão de estação seca, um comportamento hídrico semelhante ao observado para o umbuzeiro pé-franco, por causa da presença de túberas no sistema radicular do porta-enxerto (LIMA FILHO; SANTOS, 2009). Apesar da redução na disponibilidade de água no solo, ao longo do período experimental, o potencial hídrico das espécies estudadas, obtido no início e no final dos trabalhos, situou-se em torno de  $-1,4$  MPa e  $-0,9$  MPa, respectivamente, sugerindo uma recuperação hídrica de todas as espécies (Figura 8). Para os autores, a recuperação decorreu da redução da condutância estomática e da queda progressiva da superfície transpiratória, mantendo maior volume de água armazenada nas túberas, utilizada para manutenção de um balanço hídrico satisfatório durante a estação seca. Entretanto, a melhoria observada no balanço hídrico das espécies não causou reflexos positivos em relação à condutância estomática, transpiração e fotossíntese. (Figura 9).



**Figura 8.** Potencial hídrico de espécies de *Spondias* observado sob condições progressivas de deficiência hídrica.



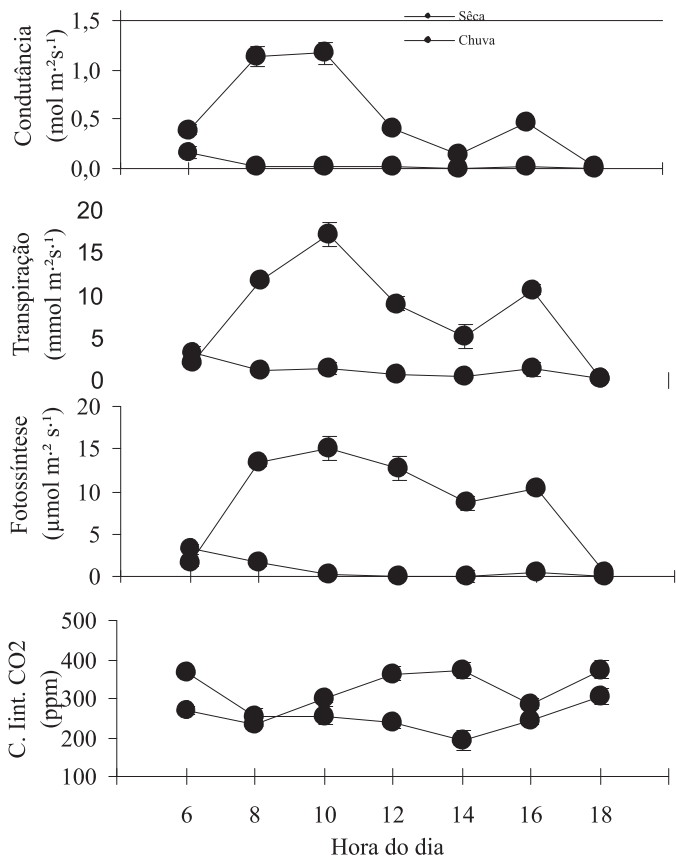
**Figura 9** . Valores de condutância estomática, transpiração e fotossíntese de espécies de *Spondias*, observados sob condições progressivas de deficiência hídrica.

Fonte: Lima Filho e Santos (2009).

## Trocas Gasosas

O comportamento ecofisiológico envolvendo as trocas gasosas do umbuzeiro durante as estações seca e chuvosa foi estudado por Lima Filho (2004). Durante a estação seca, o umbuzeiro apresentou uma baixa condutividade estomática logo no início do dia, decrescendo à medida que aumentou o déficit de pressão de vapor. De acordo com este autor, os valores mais altos para condutância, transpiração e fotossíntese foram observados em torno de 6h, decrescendo até atingir os valores mais baixos entre 10h e 14h. (Figura 10).

Embora muito baixa, a transpiração foi mantida, reforçando a importância das túberas na estabilização do balanço hídrico do umbuzeiro. Já a assimilação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) foi mais afetada que a transpiração, atingindo valores próximos a 0 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> nas horas de maior demanda evapotranspiratória. Ainda segundo Lima Filho (2004), pelo fato de o umbuzeiro apresentar mecanismo de fixação de Carbono tipo C3, é possível que as altas temperaturas tenham desencadeado o processo fotorespiratório que, juntamente com a baixa condutância estomática, contribuiu para a queda da assimilação fotossintética. Observa-se que a concentração interna de CO<sub>2</sub> aumentou de 250 ppm, pela manhã, para 370 ppm às 14h, quando a condutância e a fotossíntese atingiram valores baixíssimos sugerindo que parte do CO<sub>2</sub> liberado pela fotorespiração tenha ficado retida no interior da folha em consequência de fechamento dos estômatos.



**Figura 10.** Variação diurna da condutância estomática, transpiração, fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub> do umbuzeiro observada durante as épocas seca e chuvosa.

Fonte: Lima Filho (2004).

Durante a estação chuvosa, de modo geral, a condutividade estomática, transpiração e fotossíntese foram significativamente maiores, atingindo os valores mais altos entre 8h e 10h e os mais baixos em torno das 14h. (Figura 10). Constatou-se, também, principalmente durante a estação chuvosa, um pequeno acréscimo destas variáveis às 16h, sugerindo que o umbuzeiro apresenta dois picos diários de trocas gasosas. Este comportamento pode ser notado mesmo em plantas sob boas condições de disponibilidade de água, por causa de variações na temperatura e umidade relativa do ar durante o dia (SCHULZE et al., 1975).

O melhor desempenho do umbuzeiro durante a época chuvosa em relação à assimilação fotossintética pode ser visualizado através do comportamento horário da concentração interna de  $\text{CO}_2$ , que tipicamente situa-se em torno de 220 ppm em plantas  $\text{C}_3$ . De acordo com Lima Filho (2004), a concentração interna de  $\text{CO}_2$  observada situou-se em torno deste valor durante a maior parte do dia.

## Considerações Finais

Os resultados observados neste trabalho indicam que o umbuzeiro apresenta estratégias para sobreviver e produzir frutos nas condições do seu habitat natural. Além das características morfo-anatômicas que lhes são peculiares, o desenvolvimento de túberas no sistema radicular, a abscisão das folhas e o controle estomático do fluxo transpiratório, parecem ser os mecanismos que mais influenciam o desempenho do umbuzeiro sob tais condições. Com isso, é possível delinear o seguinte cenário: no início da época seca, quando a disponibilidade de água no solo declina rapidamente, a redução brusca da condutância estomática restringe drasticamente a transpiração da planta e as folhas iniciam o processo da abscisão.

À medida que a superfície transpiratória é reduzida, o balanço hídrico interno tende a entrar em equilíbrio, por causa da água presente nas túberas. Este equilíbrio é mantido, e isso favorece o lançamento das primeiras folhas ao final da época seca. Estas folhas apresentam baixíssima condutância estomática às trocas gasosas, indicando um rígido controle da transpiração. Com a chegada das primeiras chuvas, o rápido crescimento da superfície transpiratória provoca um desequilíbrio entre a absorção de água e a transpiração em momentos

de grande demanda evapotranspiratória. Assim, no final da estação chuvosa, quando a densidade foliar alcança o valor máximo, o umbuzeiro apresenta um balanço hídrico em desequilíbrio durante a maior parte do dia com valores muito mais negativos que durante a época seca. Apesar disso, a turgescência dos tecidos foliares é mantida por causa de uma queda muito mais acentuada no potencial osmótico dos tecidos, permitindo que a planta se ajuste osmoticamente e

## Referências

ALMEIDA, J. R.; VALSECHI, O. **Guia de composição de frutas**. Piracicaba: USP, 1966. (USP. Boletim, 21)

BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universitária UFPE, 2003. p. 657-693.

CARVALHO, V. C. de. **Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical Semi-aride: la Caatinga de Quixaba (Pernambuco, Brésil) du terrain a l'analyse des donnees MSS/Landsat**. 1986. 332 f. These (Doctoract) – Université de Toulouse – Le Mirail, Toulouse.

CAVALCANTI, N. de B.; LIMA, J. L. S.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Ciclo reprodutivo do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) no Semi-Árido do Nordeste brasileiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 272, p. 421-439, 2000.

CAVALCANTI, N. de B.; REZENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Levantamento da produção de xilopódios e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam. ). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 927-942, 2002.

CAVALCANTI, N. de B.; REZENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Período de ocorrência da frutificação do imbuzeiro na região semi-árida de Pernambuco. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 2, p. 129-135, 2005.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980. 316 p. (Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense, 142).

EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 2, n. 3, p. 31-34, 1998.

FERRI, M. G.; LABOURIAU, L. G. Water balance of plants from "Caatinga" I. Transpiration of some of the most frequent species of the "Caatinga" of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, SP, v. 3, n. 12, p. 301-312, 1952.

FERRI, M. G. Water balance of plants from Caatinga II. Further information on transpiration and stomate behavior. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, SP, v. 3, n.13, p. 237-244, 1953.

FERRI, M. G. Ecologia comparada del “Cerrado” y da la “Caatinga”. In: CONGRESO VENEZOLANO DE BOTANICA, 5., 1978, Barquisimeto, Lara. **Anais...** [Barquisimeto]: Universidad Centro Occidental, 1978. p. 189-243.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil: In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas. **Resumos...** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. p.13-27.

GOMES, R. P. O umbuzeiro. In: GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1990. p. 426-428.

GRISE, B. M. Ecofisiologia da Caatinga: comportamento hídrico de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *Schinopsis Brasiliensis* Engl., **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 417-425, 1976.

GUERRA, P. de B. O. **O umbuzeiro: a civilização da seca**. Fortaleza: DNOCS, 1981. p. 186, 187, 188.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2000. 531 p.

LIMA, D. de A. **Imbuzeiro: plantas da Caatinga**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. p. 166-169.

LIMA, J. L. S. **Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga através da morfologia da casca**. 1982, 144 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA FILHO, J. M. P. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 518-521, 2001.

\_\_\_\_\_. Gas exchange of the umbu tree under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 206-208, 2004.

\_\_\_\_\_. Water status and gas exchange of umbu plants (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagated by seeds and stem cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 355-358, 2007.

\_\_\_\_\_. Ecofisiologia do umbuzeiro: In : LEDERMAN, E.; LIRA JÚNIOR, J. S. de; SILVA JÚNIOR, F. da. (Ed.). **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**. Recife: IPA: UFPE, 2008. p. 31-39.

LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, C. M. M de S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 23, p. 1.091-1.094, 1988.

LIMA FILHO, J. M. P.; SANTOS, C. A. S. Avaliações fenotípicas e fisiológicas de espécies de *Spondias* tendo como porta-enxerto o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Cam.). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 59-63, 2009.

LIMA, R. S. de. **Estudo morfo-anatômico do sistema radicular de cinco espécies arbóreas de uma área de Caatinga do Município de Alagoinha- PE**. 1994. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.



LONG, S. P.; FARAGE, D. K.; GARCIA, R. L. Measurement of Leaf and Canopy Photosynthetic CO<sub>2</sub> Exchange in the Field. **Journal of Experimental Botany**, [London], v. 47, p. 1.629-1.642, 1996.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Camara): importante fruteira do Semi-Árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 67 p. (ESAM. Coleção Mossoroense, série C, 564).

MORS, W. B. A social function for the flora of the Cerrado and the Caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 66, p. 85-89, 1994. Suplemento.

NASCIMENTO, C. E. de S.; OLIVEIRA, V. R. de; NUNES, R. F. de; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: SBS: SBEF, 1993. v. 2, p. 454-456.

PIRES, I. E.; OLIVEIRA, V. R. de. **Estrutura floral e sistema reprodutivo do umbuzeiro**. Petrolina: Embrapa, 1986. 2 p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 50).

PIRES, M. G. M. **Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. (umbuzeiro) no estado de Pernambuco - Brasil**. 1990. 290 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of Missouri Botanical Garden**, St. Louis, n. 80, p. 902-927, 1993.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 9, p. 923-930, set. 1997.

SCHULZE, E. D.; LANGE, O. L.; KAPPEN, L.; EVENARI, M.; BUSHBON, U. The role of air humidity and leaf temperature in controlling stomatal resistance of *Prunus armeniaca* L. under desert conditions. II. The significance of leaf water status and internal carbon dioxide concentration. **Oecologia**, Heidelberg, v. 18, p. 219-233, 1975.

SILVA, A. Q. da; SILVA, A. da. Observações morfológicas e fisiológicas sobre *Spondias tuberosa* Arr. Cam. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 25., 1974, Mossoró. **Anais...** Recife: SBB, 1974. p. 5-15.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin-Cummings, 1991. 559 p.

TURNER, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 58, p. 339-366, 1981.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 818-825, 1991.



---

*Semiárido*

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



ISSN 1808-9992

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Semiárido  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Documentos 240***

## **Ecofisiologia do Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**

*José Moacir Pinheiro Lima Filho*

Embrapa Semiárido  
Petrolina, PE  
2011

Esta publicação está disponibilizada no endereço:  
<http://www.cpsa.embrapa.br>

**Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Semiárido**

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3866-3600 Fax: (87) 3866-3815

sac@cpsa.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Secretário-Executivo: Anderson Ramos de Oliveira

Membros: Ana Valéria de Souza

Andrea Amaral Alves

Gislene Feitosa Brito Gama

José Maria Pinto

Juliana Martins Ribeiro

Magna Soelma Bezerra de Moura

Patrícia Coelho de Souza Leão

Sidinei Anunciação Silva

Vanderlise Giongo

Welson Lima Simões

Supervisor editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisor de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: José Moacir Pinheiro Lima Filho

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2011): Formato digital

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

**CIP - Brasil. Catalogação na publicação**

**Embrapa Semiárido**

---

Lima Filho, José Moacir Pinheiro.

Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) / José Moacir Pinheiro Lima Filho. --- Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

24 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 240).

1. Fisiologia. 2. Umbu. 3. Região semiárida. 4. *Spondias tuberosa*. I. Título.

---

CDD 634.44

© Embrapa 2011

# Autor

**José Moacir Pinheiro Lima Filho**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Ecofisiologia Vegetal,  
pesquisador aposentado da Embrapa Semiárido,  
Petrolina, PE.

zemoa5@hotmail.com

# **Apresentação**

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) é uma planta de grande ocorrência no Semiárido brasileiro, principalmente no Bioma Caatinga. Sobrevive em períodos secos prolongados, graças aos xilopódios que armazenam água e outros elementos necessários à sua nutrição.

O fruto do umbuzeiro, conhecido como imbu,ambu ou umbu, é muito apreciado e, por isso, constitui-se em uma opção de complemento de renda para produtores rurais. O umbu possui polpa agridoce e pode ser consumido in natura ou processado na forma de suco, sorvetes, geleias, vinagre entre outros.

Geralmente, o umbu é comercializado em feiras livres e em pequenas cooperativas. O extrativismo intensificou a pressão sobre a espécie, reduzindo, assim, a sua densidade na Caatinga. Diante do potencial comercial do fruto, estão sendo realizados estudos com o objetivo de se conhecer melhor a espécie a fim de se elaborar e implementar medidas para aumentar o número de plantas, não apenas por causa de seu potencial comercial mas, principalmente, para a preservação da espécie, já que a mesma corre risco de extinção.

Este trabalho constitui-se em uma importante publicação sobre o umbuzeiro por tratar, dentre outros, de aspectos como a distribuição geográfica, morfologia, fenologia e comportamento hídrico da espécie. Traz, portanto, informações importantes para o conhecimento da planta, principalmente quando objetiva o desenvolvimento de medidas que viabilizem sua preservação.

*Natoniel Franklin de Melo*  
Chefe-Geral da Embrapa Semiárido

# Sumário

Introdução .....	6
Distribuição Geográfica.....	7
Aspectos Morfológicos .....	7
Fenologia .....	9
Características do Dossel .....	10
Comportamento Hídrico do Umbuzeiro.....	12
Trocas Gasosas .....	19
Considerações Finais .....	21
Referências .....	22

# **Ecofisiologia do Umbuzeiro** **(*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**

---

*José Moacir Pinheiro Lima Filho*

## **Introdução**

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) é uma espécie do gênero *Spondias*, família Anacardiaceae, nativa do Semiárido brasileiro (PRADO; GIBBS, 1993), não existindo relatos da sua ocorrência em outras regiões do planeta. É uma espécie de grande importância para o Bioma Caatinga, pois além de sobreviver sob as condições hostis do clima semiárido, consegue produzir uma grande quantidade de frutos que, segundo Mors (1994), são ricos em carboidratos e vitamina C (ácido ascórbico), apresentando ainda, teores significativos das vitaminas A, B1 e sais minerais (ALMEIDA; VALSECHI, 1966; EPSTEIN, 1998). Além de desempenhar papel nutricional, a comercialização dos frutos do umbuzeiro é a principal fonte de renda para a maioria dos pequenos agricultores durante a época de safra.

Este trabalho tem o objetivo apresentar informações sobre o comportamento ecofisiológico do umbuzeiro dentro das condições climáticas da região semiárida do Nordeste brasileiro. Serão também abordadas algumas características morfológicas e aspectos da fenologia que contribuem para o desempenho desta espécie durante seu ciclo anual. Os resultados apresentados são provenientes de trabalhos realizados nas áreas do Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.



## Distribuição Geográfica

A área de vegetação natural do umbuzeiro é limitada pela Mata Atlântica, pelo Cerrado e pela região pré-amazônica (SANTOS, 1997). É encontrado nas caatingas elevadas da Serra da Borborema, serras do Seridó norte-riograndense, Agreste piauiense e Caatingas pernambucanas e baianas e no norte de Minas Gerais (MENDES, 1990), principalmente nas áreas com temperaturas entre 13 °C a 38 °C, umidade relativa entre 30% e 80%, pluviosidade anual de 400 mm a 800 mm e 2.000 a 3.000 horas de insolação (DUQUE, 1980). Esta região é conhecida como centro de alta diversidade e domesticação da espécie, classificada por Giacometti (1993) como Centro 6: Centro Nordeste/Caatinga, onde vários autores constataram a ocorrência de elevado número de umbuzeiros.

O umbuzeiro se desenvolve nos mais variados tipos de solos do Nordeste brasileiro, principalmente dentro da grande unidade de paisagem Depressão Sertaneja, onde há uma maior ocorrência dos solos Brunos não Cálcicos, Podzólicos Distróficos e Estróficos. Neste cenário, o umbuzeiro desenvolve o seu ciclo anual juntamente com o sisal (*Agave sisalana* Perr.) da imburana de cheiro (*Fonseca cearensis* Fr. All.) e de outras espécies do mesmo habitat (DUQUE, 1980), necessitando de um período de estresse hídrico para iniciar o seu ciclo reprodutivo anual (CAVALCANTI et al., 2000).

## Aspectos Morfológicos

O umbuzeiro é uma árvore com altura que varia de 4 m a 6 m e copa umbeliforme, podendo atingir um diâmetro em torno de 10 m a 15 m (CARVALHO, 1986). Apresenta sistema radicular especializado formado por raízes longas, espalhadas horizontalmente, próximas à superfície do solo, com túberas ou batatas (xilopódios) que se caracterizam como intumescências, providas de tecido lacunoso e celulósico. Estas estruturas podem atingir 20 cm de diâmetro e são, geralmente, encontradas entre 10 cm e 30 cm de profundidade. A principal função destas formações é o armazenamento de água, minerais e outros solutos importantes para a manutenção de um balanço hídrico favorável, sob condições de deficiência hídrica (LIMA FILHO; SILVA,

1988; LIMA FILHO, 2001). Segundo Cavalcanti et al. (2002), o sistema radicular de plantas adultas pode apresentar cerca de 367 túberas com um peso médio de 683,5 kg por planta.

O caule apresenta de 3-5 ramificações principais, que podem ocorrer desde a base ou até a 1 m de altura do solo (PIRES, 1990). Apresenta casca morta de espessura média entre 2 mm a 5 mm, áspera e rígida, de cor cinza claro a negro e uma casca viva, de espessura média entre 5 mm e 12 mm, avermelhada internamente e que, por incisão, apresenta exsudado transparente e resinoso (LIMA, 1982).

As folhas são pecioladas, alternas, imparipenadas, com folíolos oblongo-ovalados, com base obtusa ou cordada, ápice agudo ou obtuso, com cerca de 2-4 cm de comprimento, 2-3 cm de largura e margens serrilhadas ou inteiras lisas (GOMES, 1990; PIRES, 1990), podendo apresentar pilosidades (LIMA, 1994). Esta última característica facilita os mecanismos de dissipação de energia, mantendo a temperatura das folhas próxima à do ar (LARCHER, 2000 ).

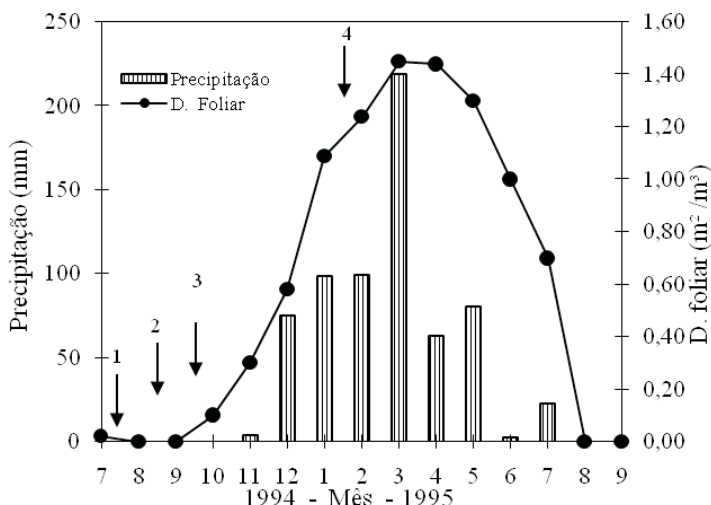
As flores, dispostas em panículas terminais de 10 cm a 15 cm são actinomorfas com 7 cm a 8 cm de diâmetro, cálice com 4 a 5 sépalas e uma corola com 4 a 5 pétalas valvadas. Os ramos da inflorescência e o pedicelo são finamente pilosos. (LIMA, 1989). A abertura das flores se dá durante a madrugada, entre 0h e 4h, ocorrendo o pico de abertura às 2h (PIRES; OLIVEIRA, 1986).

O fruto, com diâmetro entre 2 cm a 4 cm e pesando 10 g a 20 g, é uma drupa elipsoidal, glabra ou levemente pilosa, com a extremidade próxima, em relação ao pedúnculo, mais afunilado do que a distal (SILVA; SILVA, 1974). Normalmente, o fruto, quando maduro, é de coloração amarela-esverdeada, com pericarpo coriáceo e polpa succulenta. O endocarpo ou caroço, de tamanho variado de consistência denso-fibrosa, é muito resistente e contém a semente propriamente dita. Apresenta orifícios por onde penetra a água e saem o eixo embrionário e os cotilédones, por ocasião da germinação das sementes (MENDES, 1990).

## Fenologia

Uma das estratégias utilizadas pelo umbuzeiro para sua sobrevivência durante a estação seca é a abscisão de suas folhas para reduzir a superfície transpiratória e, conseqüentemente, a perda de água. Resultados apresentados por Lima Filho (2008) relativos ao ciclo produtivo 1994-1995 (Figura 1), indicam que as folhas do umbuzeiro entram em processo de senescência logo no início da estação seca, quando a planta fica totalmente desfolhada e em dormência vegetativa até a ocorrência das primeiras chuvas.

A abscisão total das folhas do umbuzeiro ocorre cerca de 1 a 2 meses após a última precipitação e o lançamento das primeiras flores pode ser observado ainda sob condições de seca. De acordo com Cavalcanti et al. (2000), o início do ciclo reprodutivo do umbuzeiro ocorre na ausência de precipitações e no período em que a temperatura do ar e a umidade relativa alcançam os valores mais críticos. É possível que a data de início da floração do umbuzeiro esteja associada à duração e intensidade do déficit hídrico sofrido anteriormente durante a época seca, como ocorre com outras espécies do Bioma Caatinga apresentadas em Barbosa et al. (2003).



**Figura 1.** Relação entre a precipitação, densidade foliar e as fases fenológicas do umbuzeiro (1- queda de folhas; 2- floração; 3- frutificação; 4- maturação), observada durante o ciclo produtivo 1994-1995, em Petrolina, PE.

Fonte: Lima Filho (2008).

Logo após a formação das inflorescências aparecem as primeiras folhas localizadas à base do pedicelo. Estas folhas, ao atingirem a maturidade fisiológica irão, provavelmente, prover os fotossintatos necessários ao crescimento e desenvolvimento inicial dos novos frutos. O crescimento vegetativo do umbuzeiro é exponencialmente incrementado logo após as primeiras chuvas alcançando, no ciclo 1994-1995, um valor máximo de densidade foliar em torno de  $1,45 \text{ m}^2/\text{m}^3$  no período de ocorrência da maior precipitação (Figura 1). Este valor poderá, também, variar anualmente, de acordo com a intensidade e distribuição da precipitação.

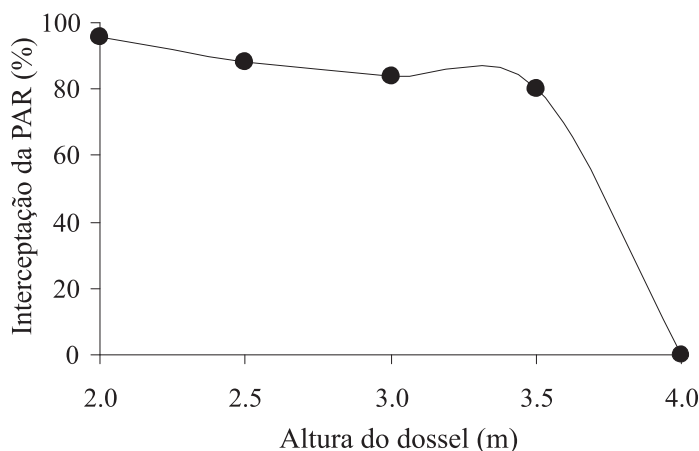
Nas observações de Lima Filho (2008), a floração do umbuzeiro teve início cerca de 36 dias após a queda das folhas do ciclo anterior e antes das primeiras precipitações. A frutificação plena ocorreu a aproximadamente 25 dias após o início da floração e a maturação dos frutos, em torno de 120 dias (Figura 1). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Cavalcanti et al. (2005), nas safras de 1999 e 2002, na região de Petrolina, PE. Entretanto, as datas de início e duração das fases fenológicas do umbuzeiro poderão variar de ano a ano, de acordo com as ocorrências dos eventos climáticos observados em cada região. Por exemplo, no Sertão de Pernambuco, o período de floração ocorre entre os meses de outubro e dezembro, enquanto na região do Agreste, este período é entre janeiro e março, com a frutificação entre março e junho (PIRES, 1990).

Segundo Guerra (1981), o período de frutificação do umbuzeiro é de aproximadamente 2 meses e meio. Mais informações sobre períodos de brotação, floração e frutificação do umbuzeiro em regiões distintas são encontradas em Duque (1980), Mendes (1990), Pires (1990) e Cavalcanti et al. (2000).

## Características do Dossel

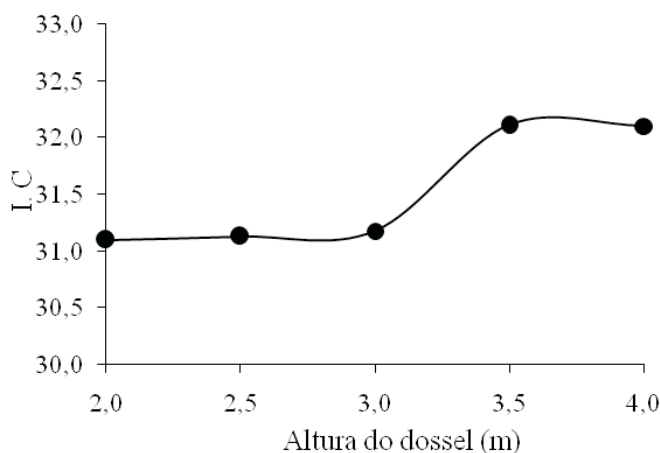
De maneira geral, a estrutura do dossel do umbuzeiro adulto é de formato hemisférico, onde a radiação solar é bastante atenuada. Infelizmente, publicações envolvendo o umbuzeiro, nesta linha de pesquisa, são praticamente inexistentes. Porém, observações recentes realizadas com plantas adultas apresentando uma densidade foliar em torno de  $2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , obtida com auxílio de um analisador de dossel LI-2000 (LICOR) descrito por Welles e Norman (1991), indicam que, ao penetrar no dossel, cerca de 80% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é atenuada na primeira camada de 1 m da parte superior de copa. Segundo

Lima Filho (2008), apenas 4,4 % da PAR alcança as folhas localizadas na camada mais inferior (Figura 2). As folhas localizadas na camada superior do dossel apresentam maiores índices de clorofila -- índices obtidos com um clorofilômetro portátil -- atingindo valores em torno de 32,1 com tendência a decrescer com a altura das observações (Figura 3).



**Figura 2.** Porcentagem da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), interceptada pelo umbuzeiro, em função da altura das observações no dossel.

Fonte: Lima Filho (2008).



**Figura 3.** Variação no índice de clorofila observada em falhas de umbuzeiro em função da localização no dossel.

Fonte: Lima Filho (2008).

Com uma densidade foliar observada em torno de  $1,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , esta camada é provavelmente a mais importante no que diz respeito às trocas gasosas do umbuzeiro. Resultados obtidos por Lima Filho (2008), sobre trocas gasosas realizadas nas camadas de folhas expostas à radiação solar ( $\text{PAR} = 1750 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), com auxílio de um IRGA (LONG et al., 1996), indicaram valores de condutância estomática, transpiração e fotossíntese em torno de  $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ,  $6,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $8,79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente. Já nas camadas mais inferiores ( $\text{PAR} = 30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), tanto a condutância como a transpiração apresentaram valores significativamente mais baixos, em torno de  $0,05 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $2,2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente.

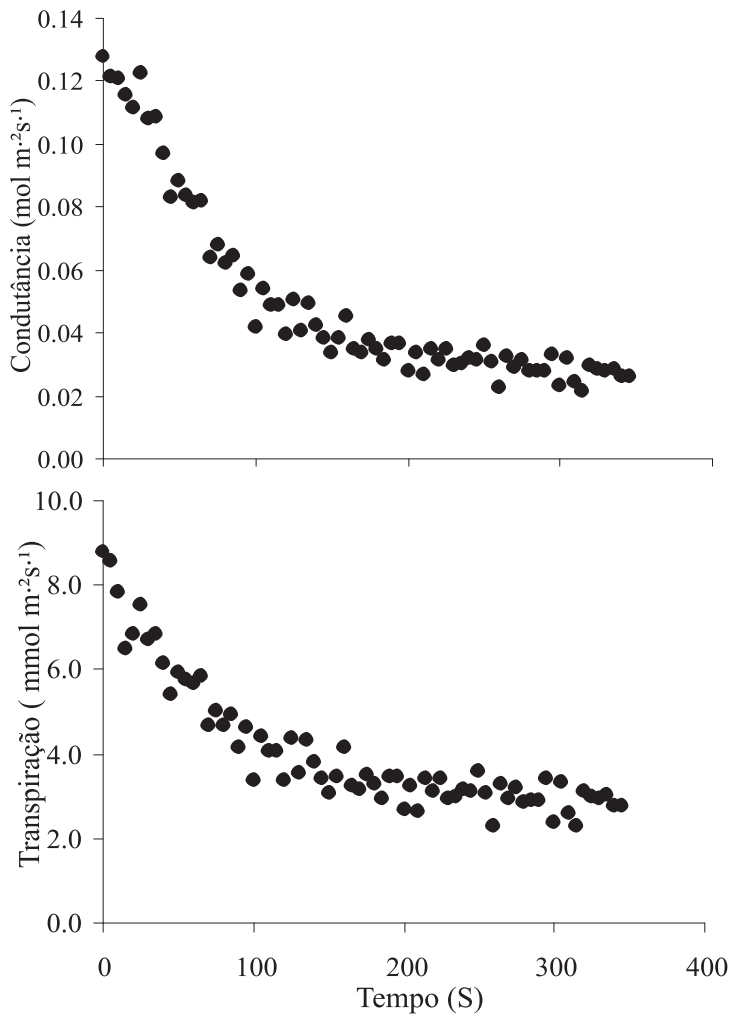
A fotossíntese apresentou taxa negativa da ordem de  $2,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , sugerindo que as folhas da camada mais baixa do dossel do umbuzeiro, sob condições de baixa iluminação, apresentam-se como drenos de fotossintatos. Entretanto, alguma radiação poderá, eventualmente, penetrar no dossel, beneficiando algumas folhas que por estarem menos expostas a altas temperaturas e ventos secos, poderão realizar alguma fotossíntese e manter suas demandas energéticas básicas.

## Comportamento hídrico do umbuzeiro

O comportamento hídrico do umbuzeiro foi inicialmente estudado por Ferri e Laboriau (1952) e Ferri (1953,) tomando-se com base o comportamento estomático. Estes autores observaram que a transpiração, obtida pelo método de pesagem, atingiu o ponto máximo diário às 9h, antecipando em 7 horas o momento de evapotranspiração máxima. Em outro estudo, a taxa de transpiração máxima foi registrada às 7h, entretanto, os valores foram tão baixos que foram considerados como transpiração cuticular (FERRI, 1953). Ferri (1978) salienta que os estômatos do umbuzeiro são pequenos, não possuem qualquer mecanismo de proteção e fecham-se rapidamente ao primeiro sinal de deficiência hídrica.

A velocidade de fechamento dos estômatos do umbuzeiro pode ser monitorada inserindo-se folhas em uma câmara de assimilação de  $\frac{1}{4}$  L (IRGA LI-6200), destacando-as dos ramos logo após equilíbrio (Figura 4). Este procedimento visa interromper o fluxo de água para as folhas, provocando, assim, o fechamento dos estômatos. Com este

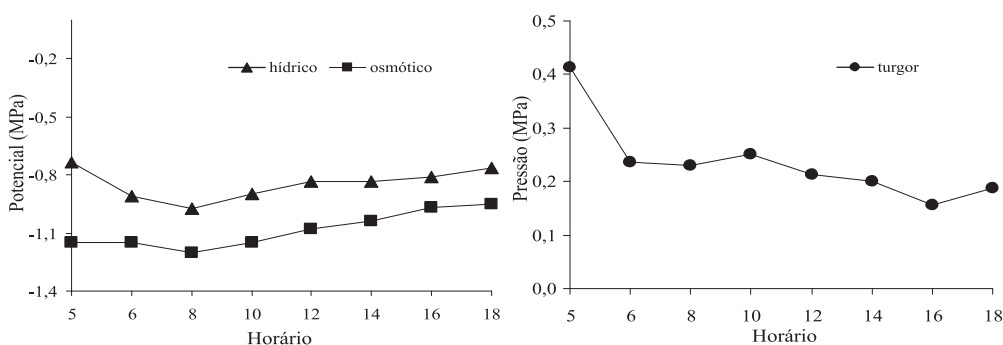
procedimento, observa-se uma rápida queda na condutância estomática, caindo de  $0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para cerca de  $0,02 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em aproximadamente 5 minutos, expressando de alguma forma a velocidade de fechamento dos estômatos (Figura 4). Neste mesmo período, a transpiração do umbuzeiro cai de  $8,8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para aproximadamente  $2,3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , representando cerca de 80% do valor inicial obtido imediatamente antes do destaque das folhas (Figura 4). Os valores abaixo deste ponto podem ser considerados como condutância cuticular já que as folhas do umbuzeiro possuem cutícula bastante delgada, possibilitando após o fechamento dos estômatos, alguma transpiração (FERRI, 1978). De acordo com Grisi (1976), espécies da Caatinga como a baraúna (*Schinopsis brasiliensis*) e a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) apresentaram, no final do período das chuvas e nos momentos mais críticos do dia, redução na transpiração da ordem de 24,3% e 33%, respectivamente, 5 minutos após destaque da folha. Segundo Lima Filho e Silva (1988), o umbuzeiro exerce rígido controle sobre a transpiração através dos estômatos, mesmo sob condições de boa disponibilidade hídrica, assegurando uma significativa economia de água.



**Figura 4.** Redução na condutância estomática e transpiração das folhas do umbuzeiro em função do tempo, após excisão.



Lima Filho (2001) estudou as relações hídricas do umbuzeiro através do monitoramento do potencial hídrico e seus componentes (TURNER, 1981) para compreender os mecanismos pelos quais esta espécie mantém seu balanço hídrico interno durante as estações seca e chuvosa. Este autor salienta que, sob condições de seca, os valores mais baixos de potencial hídrico e potencial osmótico foram observados em torno das 8h, atingindo, respectivamente,  $-0,97$  MPa e  $-1,17$  MPa, resultando em uma pressão de turgor de  $0,2$  MPa. A pressão mais baixa ocorreu às 16h, atingindo  $0,16$  MPa (Figura 5).

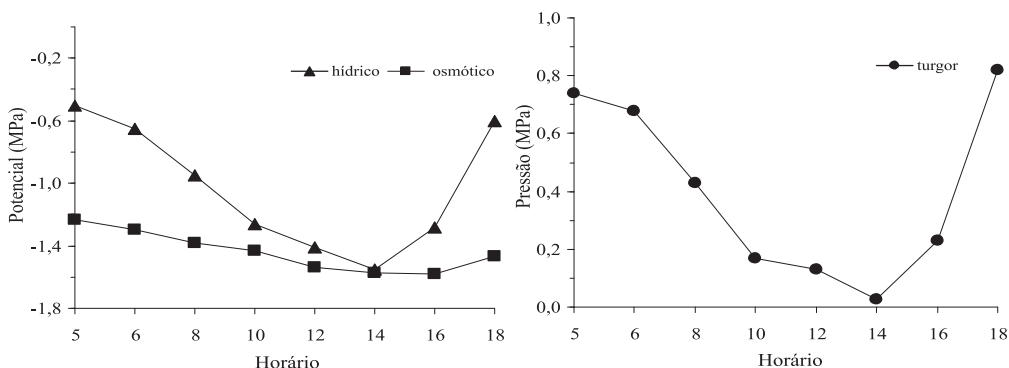


**Figura 5.** Valores de potencial hídrico e osmótico, e pressão de turgor das folhas do umbuzeiro observados durante a estação seca.

Fonte: Lima Filho (2001).

Sugere-se que, sob condições de deficiência hídrica, o umbuzeiro mantém um balanço hídrico relativamente estável durante o dia, por apresentar baixa densidade foliar e por exercer rígido controle estomático. A interação destes fatores provoca uma redução drástica da transpiração da água armazenada nas túberas (LIMA FILHO, 2001).

Durante a estação chuvosa, observou-se, no período diurno, um maior desequilíbrio no balanço hídrico interno do umbuzeiro, em comparação à estação seca (Figura 6).



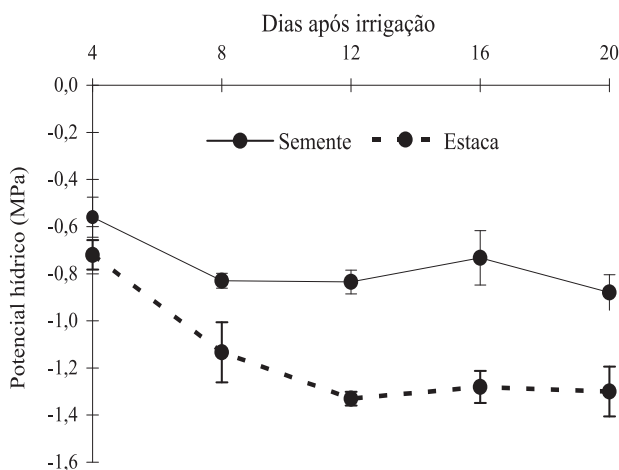
**Figura 6.** Valores de potencial hídrico e osmótico, e pressão de turgor das folhas do umbuzeiro observados durante o período chuvoso.

Fonte: Lima Filho (2001).

Os valores mais baixos de potencial hídrico foram obtidos às 14h, quando foram detectados  $-1,55$  MPa. Neste momento, o potencial osmótico atingiu  $-1,57$  MPa, culminando com uma pressão de turgor de  $0,02$  MPa. Este baixo valor pode ser resultado do incremento da densidade foliar e, conseqüentemente, da superfície transpiratória, provocando efeitos negativos sobre o balanço hídrico interno. Isso sugere que o fluxo de água através da planta pode não ter sido suficiente para manter um balanço hídrico satisfatório no momento de maior demanda evapotranspiratória, por causa das resistências impostas ao fluxo da água no interior da planta descritas por Taiz e Zeiger (1991).

Ainda de acordo com Lima Filho (2001), o umbuzeiro apresenta uma queda progressiva no potencial osmótico, mesmo após a recuperação do potencial hídrico da planta ao final do dia, resultando em valores de pressão de turgor semelhante aos observados no início do dia sugerindo a ocorrência de um ajustamento osmótico das folhas. Assim, durante a época chuvosa, a recuperação do balanço hídrico interno do umbuzeiro ocorreu às 18h.

O papel das túberas sobre o balanço hídrico do umbuzeiro foi evidenciado por Lima Filho (2007), após estudar o comportamento hídrico de plantas jovens propagadas por sementes e por estaca, e submetidas a estresse hídrico durante 20 dias (Figura 7). Segundo este autor, as plantas propagadas por sementes atingiram -0,56 MPa e -0,88 MPa, respectivamente, no quarto e 20º dia, indicando uma queda de 0,16 MPa no período.

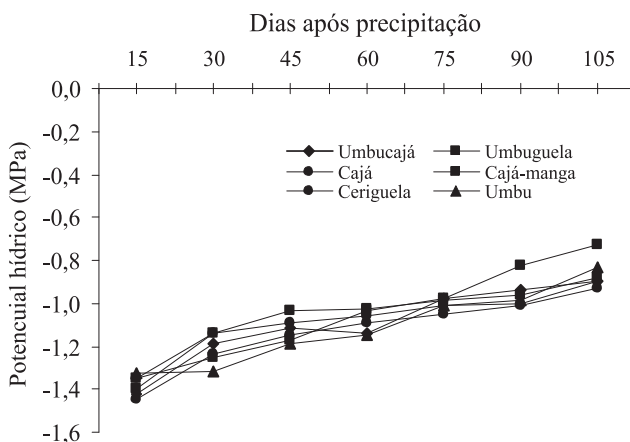


**Figura 7.** Potencial hídrico de mudas de umbuzeiros propagadas por sementes e estaca.

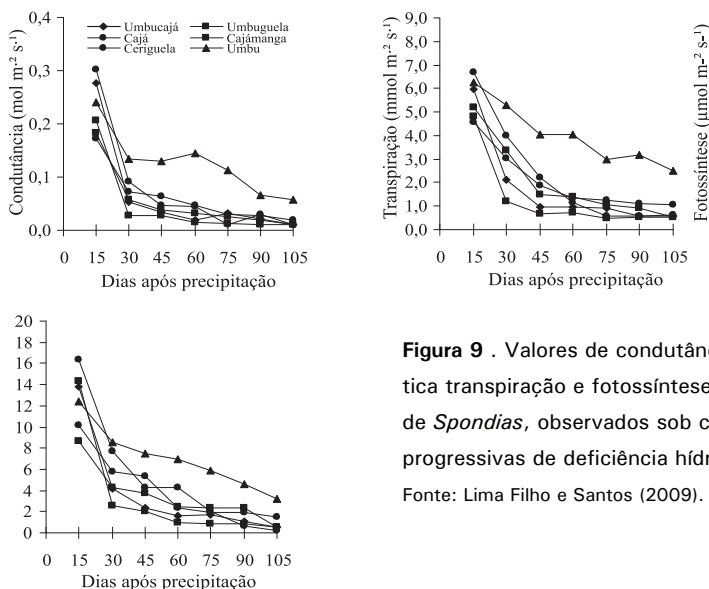
Fonte: Lima Filho (2007)

Com relação às mudas propagadas por estaca, os valores de potencial hídrico decresceram de -0,72 MPa para -1,3 MPa resultando em uma diferença de 0,58 MPa. Ainda segundo Lima Filho (2007), as plantas propagadas por sementes desenvolveram um sistema radicular mais eficiente para manutenção de um balanço hídrico interno favorável sob condições decrescentes de disponibilidade de água no solo. Porém, as plantas propagadas por estaca foram incapazes de manter um balanço hídrico adequado por causa da ausência de túberas no sistema radicular. De acordo com Nascimento et al. (1993), plantas propagadas por estaca dificilmente formam túberas no sistema radicular. Estes autores verificaram, 24 meses após o transplante para o campo, que mudas de umbuzeiro propagadas por sementes apresentaram um índice de sobrevivência na ordem de 100%, enquanto aquelas propagadas por estaca atingiram apenas 6%.

Espécies do gênero *Spondias*, como umbu-cajá (*Spondias* sp.), umbuguela (*Spondias* sp.), cajá (*S. lutea* L.), cajá-manga (*S. cytherea* Sonn.) e ceriguela (*S. purpurea* L.), enxertadas em umbuzeiro (*S. tuberosa* Cam. Arr.), apresentaram, durante a progressão de estação seca, um comportamento hídrico semelhante ao observado para o umbuzeiro pé-franco, por causa da presença de túberas no sistema radicular do porta-enxerto (LIMA FILHO; SANTOS, 2009). Apesar da redução na disponibilidade de água no solo, ao longo do período experimental, o potencial hídrico das espécies estudadas, obtido no início e no final dos trabalhos, situou-se em torno de  $-1,4$  MPa e  $-0,9$  MPa, respectivamente, sugerindo uma recuperação hídrica de todas as espécies (Figura 8). Para os autores, a recuperação decorreu da redução da condutância estomática e da queda progressiva da superfície transpiratória, mantendo maior volume de água armazenada nas túberas, utilizada para manutenção de um balanço hídrico satisfatório durante a estação seca. Entretanto, a melhoria observada no balanço hídrico das espécies não causou reflexos positivos em relação à condutância estomática, transpiração e fotossíntese. (Figura 9).



**Figura 8.** Potencial hídrico de espécies de *Spondias* observado sob condições progressivas de deficiência hídrica.



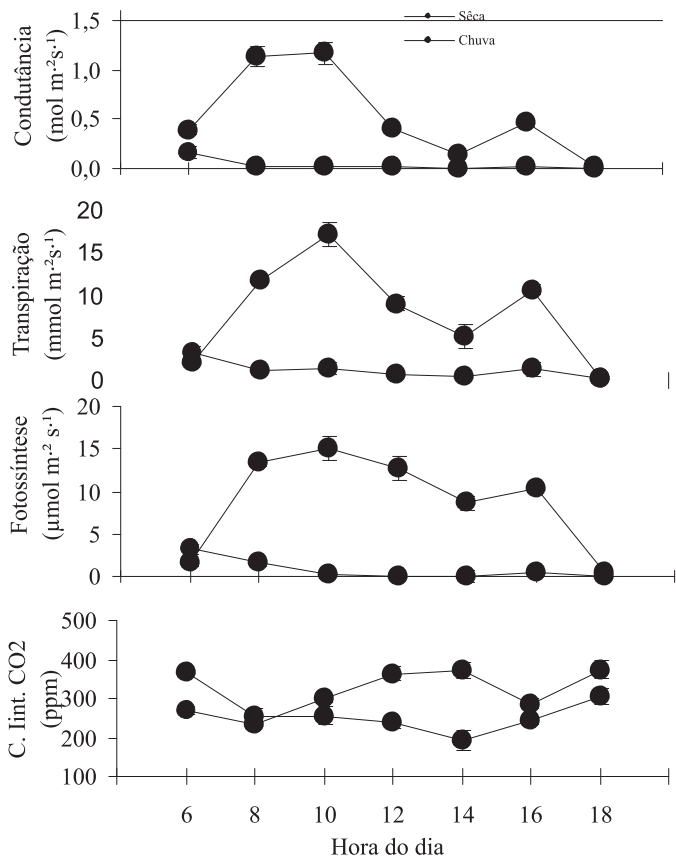
**Figura 9 .** Valores de condutância estomática, transpiração e fotossíntese de espécies de *Spondias*, observados sob condições progressivas de deficiência hídrica.

Fonte: Lima Filho e Santos (2009).

## Trocas Gasosas

O comportamento ecofisiológico envolvendo as trocas gasosas do umbuzeiro durante as estações seca e chuvosa foi estudado por Lima Filho (2004). Durante a estação seca, o umbuzeiro apresentou uma baixa condutividade estomática logo no início do dia, decrescendo à medida que aumentou o déficit de pressão de vapor. De acordo com este autor, os valores mais altos para condutância, transpiração e fotossíntese foram observados em torno de 6h, decrescendo até atingir os valores mais baixos entre 10h e 14h. (Figura 10).

Embora muito baixa, a transpiração foi mantida, reforçando a importância das túberas na estabilização do balanço hídrico do umbuzeiro. Já a assimilação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) foi mais afetada que a transpiração, atingindo valores próximos a  $0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nas horas de maior demanda evapotranspiratória. Ainda segundo Lima Filho (2004), pelo fato de o umbuzeiro apresentar mecanismo de fixação de Carbono tipo C3, é possível que as altas temperaturas tenham desencadeado o processo fotorespiratório que, juntamente com a baixa condutância estomática, contribuiu para a queda da assimilação fotossintética. Observa-se que a concentração interna de  $\text{CO}_2$  aumentou de 250 ppm, pela manhã, para 370 ppm às 14h, quando a condutância e a fotossíntese atingiram valores baixíssimos sugerindo que parte do  $\text{CO}_2$  liberado pela fotorespiração tenha ficado retida no interior da folha em consequência de fechamento dos estômatos.



**Figura 10.** Variação diurna da condutância estomática, transpiração, fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub> do umbuzeiro observada durante as épocas seca e chuvosa.

Fonte: Lima Filho (2004).

Durante a estação chuvosa, de modo geral, a condutividade estomática, transpiração e fotossíntese foram significativamente maiores, atingindo os valores mais altos entre 8h e 10h e os mais baixos em torno das 14h. (Figura 10). Constatou-se, também, principalmente durante a estação chuvosa, um pequeno acréscimo destas variáveis às 16h, sugerindo que o umbuzeiro apresenta dois picos diários de trocas gasosas. Este comportamento pode ser notado mesmo em plantas sob boas condições de disponibilidade de água, por causa de variações na temperatura e umidade relativa do ar durante o dia (SCHULZE et al., 1975).

O melhor desempenho do umbuzeiro durante a época chuvosa em relação à assimilação fotossintética pode ser visualizado através do comportamento horário da concentração interna de  $\text{CO}_2$ , que tipicamente situa-se em torno de 220 ppm em plantas  $\text{C}_3$ . De acordo com Lima Filho (2004), a concentração interna de  $\text{CO}_2$  observada situou-se em torno deste valor durante a maior parte do dia.

## Considerações Finais

Os resultados observados neste trabalho indicam que o umbuzeiro apresenta estratégias para sobreviver e produzir frutos nas condições do seu habitat natural. Além das características morfo-anatômicas que lhes são peculiares, o desenvolvimento de túberas no sistema radicular, a abscisão das folhas e o controle estomático do fluxo transpiratório, parecem ser os mecanismos que mais influenciam o desempenho do umbuzeiro sob tais condições. Com isso, é possível delinear o seguinte cenário: no início da época seca, quando a disponibilidade de água no solo declina rapidamente, a redução brusca da condutância estomática restringe drasticamente a transpiração da planta e as folhas iniciam o processo da abscisão.

À medida que a superfície transpiratória é reduzida, o balanço hídrico interno tende a entrar em equilíbrio, por causa da água presente nas túberas. Este equilíbrio é mantido, e isso favorece o lançamento das primeiras folhas ao final da época seca. Estas folhas apresentam baixíssima condutância estomática às trocas gasosas, indicando um rígido controle da transpiração. Com a chegada das primeiras chuvas, o rápido crescimento da superfície transpiratória provoca um desequilíbrio entre a absorção de água e a transpiração em momentos

de grande demanda evapotranspiratória. Assim, no final da estação chuvosa, quando a densidade foliar alcança o valor máximo, o umbuzeiro apresenta um balanço hídrico em desequilíbrio durante a maior parte do dia com valores muito mais negativos que durante a época seca. Apesar disso, a turgescência dos tecidos foliares é mantida por causa de uma queda muito mais acentuada no potencial osmótico dos tecidos, permitindo que a planta se ajuste osmoticamente e

## Referências

ALMEIDA, J. R.; VALSECHI, O. **Guia de composição de frutas**. Piracicaba: USP, 1966. (USP. Boletim, 21)

BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universitária UFPE, 2003. p. 657-693.

CARVALHO, V. C. de. **Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical Semi-aride: la Caatinga de Quixaba (Pernambuco, Brésil) du terrain a l'analyse des donnees MSS/Landsat**. 1986. 332 f. These (Doctoract) – Université de Toulouse – Le Mirail, Toulouse.

CAVALCANTI, N. de B.; LIMA, J. L. S.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Ciclo reprodutivo do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) no Semi-Árido do Nordeste brasileiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 272, p. 421-439, 2000.

CAVALCANTI, N. de B.; REZENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Levantamento da produção de xilopódios e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam. ). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 927-942, 2002.

CAVALCANTI, N. de B.; REZENDE, G. M.; BRITO, L. T. de L. Período de ocorrência da frutificação do imbuzeiro na região semi-árida de Pernambuco. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 2, p. 129-135, 2005.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980. 316 p. (Fundação Guimarães Duque. Coleção Mossoroense, 142).

EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 2, n. 3, p. 31-34, 1998.

FERRI, M. G.; LABOURIAU, L. G. Water balance of plants from "Caatinga" I. Transpiration of some of the most frequent species of the "Caatinga" of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, SP, v. 3, n. 12, p. 301-312, 1952.



FERRI, M. G. Water balance of plants from Caatinga II. Further information on transpiration and stomate behavior. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, SP, v. 3, n.13, p. 237-244, 1953.

FERRI, M. G. Ecologia comparada del “Cerrado” y da la “Caatinga”. In: CONGRESO VENEZOLANO DE BOTANICA, 5., 1978, Barquisimeto, Lara. **Anais...** [Barquisimeto]: Universidad Centro Occidental, 1978. p. 189-243.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil: In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas. **Resumos...** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. p.13-27.

GOMES, R. P. O umbuzeiro. In: GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1990. p. 426-428.

GRISE, B. M. Ecofisiologia da Caatinga: comportamento hídrico de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *Schinopsis Brasiliensis* Engl., **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 417-425, 1976.

GUERRA, P. de B. O. **O umbuzeiro: a civilização da seca**. Fortaleza: DNOCS, 1981. p. 186, 187, 188.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2000. 531 p.

LIMA, D. de A. **Imbuzeiro: plantas da Caatinga**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. p. 166-169.

LIMA, J. L. S. **Reconhecimento de trinta espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga através da morfologia da casca**. 1982, 144 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LIMA FILHO, J. M. P. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 518-521, 2001.

\_\_\_\_\_. Gas exchange of the umbu tree under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 206-208, 2004.

\_\_\_\_\_. Water status and gas exchange of umbu plants (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagated by seeds and stem cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 355-358, 2007.

\_\_\_\_\_. Ecofisiologia do umbuzeiro: In : LEDERMAN, E.; LIRA JÚNIOR, J. S. de; SILVA JÚNIOR, F. da. (Ed.). **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**. Recife: IPA: UFPE, 2008. p. 31-39.

LIMA FILHO, J. M. P.; SILVA, C. M. M de S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 23, p. 1.091-1.094, 1988.

LIMA FILHO, J. M. P.; SANTOS, C. A. S. Avaliações fenotípicas e fisiológicas de espécies de *Spondias* tendo como porta-enxerto o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Cam.). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 59-63, 2009.

LIMA, R. S. de. **Estudo morfo-anatômico do sistema radicular de cinco espécies arbóreas de uma área de Caatinga do Município de Alagoinha- PE**. 1994. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LONG, S. P.; FARAGE, D. K.; GARCIA, R. L. Measurement of Leaf and Canopy Photosynthetic CO<sub>2</sub> Exchange in the Field. **Journal of Experimental Botany**, [London], v. 47, p. 1.629-1.642, 1996.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Camara): importante fruteira do Semi-Árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 67 p. (ESAM. Coleção Mossoroense, série C, 564).

MORS, W. B. A social function for the flora of the Cerrado and the Caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 66, p. 85-89, 1994. Suplemento.

NASCIMENTO, C. E. de S.; OLIVEIRA, V. R. de; NUNES, R. F. de; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: SBS: SBEF, 1993. v. 2, p. 454-456.

PIRES, I. E.; OLIVEIRA, V. R. de. **Estrutura floral e sistema reprodutivo do umbuzeiro**. Petrolina: Embrapa, 1986. 2 p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 50).

PIRES, M. G. M. **Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. (umbuzeiro) no estado de Pernambuco - Brasil**. 1990. 290 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of Missouri Botanical Garden**, St. Louis, n. 80, p. 902-927, 1993.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 9, p. 923-930, set. 1997.

SCHULZE, E. D.; LANGE, O. L.; KAPPEN, L.; EVENARI, M.; BUSHBON, U. The role of air humidity and leaf temperature in controlling stomatal resistance of *Prunus armeniaca* L. under desert conditions. II. The significance of leaf water status and internal carbon dioxide concentration. **Oecologia**, Heidelberg, v. 18, p. 219-233, 1975.

SILVA, A. Q. da; SILVA, A. da. Observações morfológicas e fisiológicas sobre *Spondias tuberosa* Arr. Cam. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 25., 1974, Mossoró. **Anais...** Recife: SBB, 1974. p. 5-15.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin-Cummings, 1991. 559 p.

TURNER, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 58, p. 339-366, 1981.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 818-825, 1991.



Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

